
PISCICULTURE EN REGION AMAZONIENNE

Jérôme Lazard – CIRAD-EMVT – 3 mars 1998

1. HISTORIQUE DE L'INTERVENTION DU CIRAD

L'intervention du CIRAD en Région amazonienne a débuté en 1994 sous forme d'une mission exploratoire financée par le Ministère français des Affaires Etrangères qui a permis d'identifier à la fois des partenaires (EMBRAPA et l'UFPa) de même que des thèmes de recherche à mener en coopération. Cette mission a été suivie l'année suivante par l'accueil à Montpellier au sein du GAMET¹ d'un chercheur de l'EMBRAPA (Mr. Raimundo Nonato TEIXEIRA) qui a réalisé durant son séjour (2 mois) une expérimentation originale sur l'alimentation des alevins d'une espèce de poisson amazonienne d'intérêt aquacole majeur (*Colossoma macropomum* ou "tambaqui"). A son retour à Belem, ce chercheur a réalisé une enquête approfondie auprès des pisciculteurs de l'Etat du Para afin d'identifier les principaux points de blocage de nature biologique, écologique et technique rencontrés pour la pratique des systèmes d'élevage piscicole. Une mission CIRAD réalisée en 1996 auprès de l'EMBRAPA et de l'UFPa a permis de contribuer à traduire cette "demande sociale" en problématiques de recherche. **La mise en œuvre de ces programmes démarre en 1998 par l'affectation d'un chercheur (Lionel DABBADIE) sur un financement mixte du Brésil (poste de professeur-visitant à l'UFPa) et MAE.**

2. NATURE DES ACTIVITES ET PROBLEMATIQUES

Sur la base du diagnostic réalisé, il apparaît clairement que les principales actions de recherche appliquée au développement à mener par l'EMBRAPA-CPATU en matière d'aquaculture devraient s'articuler selon les thématiques suivantes.

2.1. Constitution et gestion d'un stock de géniteurs de tambaqui.

Cette opération semble prioritaire avec une double vocation : mener des expérimentations sur cette espèce majeure et fournir aux aquaculteurs des pré-géniteurs.

¹ GAMET : Groupe Aquaculture continentale Méditerranéenne Et Tropicale, regroupant les équipes aquaculture du CEMAGREF, du CIRAD et de l'ORSTOM.

A partir de quelle source constituer ce stock ? Il nous semble que compte tenu de la situation privilégiée de l'EMBRAPA-CPATU, sur les rives de l'Amazone et dans une optique de travail de recherche à long terme dévolu à cette institution, ce stock devrait être constitué à partir d'individus capturés dans le milieu naturel, à savoir le bassin amazonien. Ce stock constituerait un stock de référence. Une fois opérationnel (maturité atteinte et reproduction), les poissons issus de cette souche pourraient être comparés, en termes de performances, aux souches existantes (Nordeste, Manaus notamment) et des recommandations objectives pourraient être faites quant au choix des souches à vulgariser auprès des pisciculteurs.

2.2. Application, optimisation et transfert des techniques de reproduction

Le Brésil a une très ancienne tradition de reproduction artificielle (induction de la maturation et de l'ovulation par hypophysation) depuis les années 1930 avec Von Ihering, qui marque d'une certaine façon les premières pratiques mondiales dans ce domaine.

Aujourd'hui, la reproduction du tambaqui en captivité est une pratique courante, notamment dans le Nordeste d'où viennent la majorité des alevins élevés dans l'Etat du Para.

L'EMBRAPA-CPATU se doit, nous semble-t-il, de mettre en oeuvre cette technique sur la base des résultats les plus récents et les plus performants obtenus à ce jour avec des hormones hypothalamiques de type GnRH et leurs analogues, beaucoup plus efficaces (et économiques), que les extraits hypophysaires (ou l'utilisation d'hypophyses prélevées sur d'autres poissons) ou l'HCG.

2.3. Nutrition-Alimentation

Le travail de recherche initié au GAMET à Montpellier sur tambaqui par R.N. Teixeira encadré par l'ORSTOM (Yann Moreau) et le CIRAD doit être poursuivi.

Les premiers résultats confirment le potentiel de ce poisson, véritable usine zootechnique à fabriquer de la protéine avec des besoins protéiques qui semblent inférieurs aux autres espèces testées comparativement (y compris le tilapia) - cf. figures 1 et 2.

Ce travail devra être poursuivi et approfondi, en même temps que devront être testés les nombreux sous-produits agricoles disponibles dans l'État du Para comme constituants d'aliments composés.

2.4. Systèmes d'élevage : optimum bio-économique

La gestion de l'élevage constitue une des préoccupations majeures des aquaculteurs exprimées lors du séminaire.

Outre les thématiques classiques liées à la pratique de la monoculture et/ou de la polyculture, à la gestion de l'alimentation (formulation, quantité à distribuer, fréquence de distribution...) ou au contrôle des prédateurs, un problème revient qui est celui de l'optimisation du rendement global et de la croissance individuelle (poids moyen) en rapport avec la densité de mise en charge et les pratiques d'alimentation et/ou de fertilisation.

Les réponses à ces questions ne peuvent être données que par la mise en place d'expérimentations, notamment chez les producteurs, selon des protocoles normalisés qui permettront de dégager des normes de densité de mise en charge et de nourrissage avec les résultats correspondants relatifs aux rendements et aux croissances individuelles moyennes.

Elles permettront de déterminer les optima pour le tambaqui en monoculture, en polyculture selon différents schémas de gestion (densité, alimentation/fertilisation).

Ce n'est qu'à partir de ces résultats que pourront être dégagés des recommandations de nature économique selon, par exemple, que l'aquaculteur privilégie le rendement global ($t \cdot ha^{-1} \cdot an$) ou le poids moyen final des espèces élevées, sachant que l'optimum économique ne correspond pas nécessairement au maximum zootechnique. Une première compilation des données existantes (par exemple, celles données au tableau 1) permettra de fixer un cadre d'expérimentations déjà délimité.

3. CONDUITE DU PROGRAMME/PARTENARIATS

- La conduite de ce programme nécessite, de toute évidence, des infrastructures expérimentales. Les plus appropriées semblent être celles de la station de la COSAMPA (Service des eaux) située à 5 km de Belem et de l'EMBRAPA-CPATU. Elle dispose de tous les équipements (écloserie abritée et étangs en terre de différentes dimensions : de quelques dizaines de m^2 à quelques ares) ainsi qu'un grand étang réservoir permettant la réalisation d'expérimentations en cages flottantes.
- Sur le plan des moyens en personnel, l'EMBRAPA-CPATU et principalement MM. TEIXEIRA et EMIR auront en charge ce projet. Une collaboration devra être mise en place avec les institutions de Belem susceptibles d'apporter un appui (UFPa avec sa station de Santarem) et Faculté des Sciences Agronomiques, FCAP). Au delà de Belem, l'INPA de Manaus paraît

incontournable dans la mesure où il mène déjà sur sa station un programme de production d'alevins d'espèces amazoniennes et où il semble disposer d'une souche de référence (station de Balbina).

- Sur le plan des collaborations extérieures, la coopération avec le CIRAD associé à l'ORSTOM doit se poursuivre et s'intensifier car tous les partenaires en ont le désir exprimé lors de la mission. Elle peut prendre la forme de missions d'appui telles que réalisées jusqu'à présent, l'accueil de chercheurs brésiliens à Montpellier (stages, thèse...) et de l'affectation d'un jeune chercheur français sur statut de chercheur-enseignant visitant sur un financement brésilien (CNPq) ou, mieux, sur financement du Ministère français des Affaires Etrangères si une requête lui en est formulée par l'EMBRAPA-CPATU.
- Sur le plan des financements, outre le financement d'un budget de fonctionnement propre obtenu par ce programme de la part de l'EMBRAPA - CPATU, à la suite de la présente mission, d'autres financements devront être recherchés. Parmi ceux-ci, un projet de recherche sera déposé dans le cadre de l'appel d'offre de l'UE (DG XII) sur le thème : "Nutrition et alimentation d'espèces amazoniennes dans différents systèmes d'élevage pour l'approvisionnement des centres urbains".

4. RESULTATS

Les principaux résultats obtenus concernent l'évaluation des besoins nutritionnels (protéines, énergie) des jeunes alevins de *Colossoma macropomum*.

Ils sont représentés schématiquement sur les 2 figures jointes.

Ils donneront lieu à une publication.

Les principaux documents publiés dans le cadre de ce programme consistent en deux rapports de mission

- Compte-rendu de mission au Brésil (4 au 16 octobre 1994) - par Jérôme Lazard - Rapport CIRAD-EMVT
- Compte-rendu de mission au Brésil (3 au 19 mars 1996) – Bélem – par Jérôme Lazard – Rapport CIRAD-EMVT n°96026 – Juin 1996.

5. PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Projet de recherche : “Le réseau trophique au sein des étangs de pisciculture brésiliens”

à mener dans le cadre de l'affectation de **Lionel DABBADIE** comme Professeur-Visitant à l'Université Fédérale du Para (UFPA).

Intitulé

Impact des modalités de gestion des étangs sur les composantes de cet écosystème et conséquences pour la croissance piscicole et le rendement des élevages. Recherche et proposition de techniques adaptées à différents modèles piscicoles brésiliens.

Problématique et objectifs

Les modalités de gestion mises en oeuvre par les pisciculteurs modifient profondément l'écologie des étangs. Employées efficacement, ces pratiques favorisent le développement d'une faune et d'une flore aquatiques, consommées par les poissons. Or, la contribution au rendement piscicole de ces aliments naturels peut s'avérer être essentielle, y compris dans des systèmes basés sur l'apport exogène d'un aliment performant. C'est ainsi que, pour Hepher et Pruginin (1981), il semble acquis que la production des espèces à prix de vente peu élevé comme les carpes ou les tilapias n'aurait jamais pu être pratiquée de façon rentable sans l'apport de l'alimentation naturelle.

Des relations trophiques lient ces organismes entre eux. Certaines contribuent *in fine* à la production piscicole (par exemple : fertilisant --> micro-algues --> zooplancton --> poisson), d'autres non : ce sont des impasses trophiques, du point de vue du producteur (par exemple : fertilisant --> macrophytes dans un étang ne contenant pas de poisson macrophytophage). Le succès de l'élevage piscicole résulte de toutes ces interactions, et les traitements appliqués par l'agriculteur au cours du cycle de production visent à favoriser les chaînes alimentaires qui bénéficient aux poissons. Seulement, ces interactions sont nombreuses et complexes. Elles sont nombreuses du fait de la diversité des substrats consommés par les organismes peuplant l'étang (bactéries, algues, phytoplancton, zooplancton, périphyton, champignons, insectes, poissons etc.) ; elles sont aussi complexes car elles changent au cours du temps en fonction de critères peu connus. Dès lors, il est particulièrement difficile de définir les modalités de gestion appropriées aux différentes situations d'élevage.

[POURTANT, CE SERAIT IMPORTANT POUR LA PISCICULTURE BRESILIENNE DE MIEUX COMPRENDRE CELA CAR....]

L'objectif de ce programme de recherche est de fournir les bases scientifiques qui permettront la définition raisonnée des pratiques devant être mises en oeuvre par le pisciculteur (densité d'empoissonnement, fertilisation, alimentation etc.). Pour y parvenir, les approches traditionnelles préconisent la conduite simultanée de nombreuses études sectorielles ou disciplinaires (physico-chimie, bactériologie, phytoplancton, zooplancton etc.). Pourtant, il est difficile d'identifier les voies trophiques qui aboutissent au poisson en considérant de façon simultanée un grand nombre d'organismes qui ont leurs dynamiques propres. De plus, l'ensemble des résultats produit est généralement hétérogène et plus ou moins exhaustif (Guerrin, 1993). La stratégie proposée ici aborde le sujet de façon inverse en privilégiant l'étude du comportement trophique des espèces élevées et notamment en s'attachant à préciser l'importance relative des aliments naturels et artificiels dans la formation du rendement piscicole. En effet, la productivité potentielle d'un étang est transformée plus ou moins efficacement en production piscicole suivant la manière dont le poisson exploite les ressources trophiques qui sont à sa disposition. En parallèle, une approche complémentaire consiste à employer des marqueurs qui permettent de caractériser les flux de matière au sein de l'étang. Certaines de ces techniques sont anciennes, mais elles ne sont pas pleinement satisfaisantes. Pour cette raison, une part importante de ce volet sera consacrée à élaborer de nouveaux outils scientifiques fiables.

Approches scientifiques mises en oeuvre

Description du comportement trophique des principales espèces produites

Elle doit être réalisée en tenant compte des aliments disponibles dans l'étang, de ceux qui sont effectivement prélevés par le poisson, des performances de l'élevage dans ce contexte et enfin, des modes de gestion qui ont été employés pour aboutir à cette configuration de l'écosystème.

S'inspirant du travail de Bowen (1976 à 1995), la description des aliments disponibles est réalisée en utilisant des indicateurs classiques de la valeur nutritive des aliments (assimilation, poids sec sans cendre, teneur en acides aminés, contenu énergétique et teneur en fibres). Les analyses globales sont insuffisantes, car certains poissons comme le tilapia *Oreochromis niloticus* ont une alimentation sélective à chaque niveau. Chaque compartiment est donc caractérisé en utilisant des techniques complémentaires de microscopie optique et éventuellement, d'analyse en spectres de taille (Coulter Multisizer, cytométrie de flux etc.). Les prélèvements sont réalisés au niveau du plancton par filtration, du périphyton par grattage, et de la couche oxygénée du sédiment par aspiration. Ils fournissent une estimation exhaustive de la

richesse trophique de l'étang lorsque son volume, sa surface et celle de substrat sont connus.

La valeur nutritive du bol alimentaire des poissons est aussi mesurée, et un dénombrement en microscopie optique des particules stomacales est réalisé. Les abondances sont converties en valeur nutritive en utilisant des facteurs de conversion déterminés préalablement. Il est alors possible de connaître, par déduction, l'importance des éléments non identifiables, qui contiennent aussi les particules rapidement dégradées. Pour affiner cette description, des techniques de dosage immunologique peuvent être utilisées (Feller, 1984 ; Feller et Fergusson, 1988 ; Zagursky et Feller, 1988 ; Feller, 1992). En effet, de nombreuses particules sont trop rapidement digérées pour être détectées par microscopie optique.

L'impact des modes de gestion sera déterminé en pratiquant ces mesures dans des milieux gérés selon des modalités variables et avec des laps de temps différents de façon à évaluer la variabilité au cours du cycle. Ces observations seront enfin corrélées à la croissance et au rendement piscicole qui seront estimés en fin de cycle et en cours de production, lors de pêches de contrôle.

Suivi des flux de matière

La seconde approche se préoccupe des flux de matière au sein de l'écosystème, en utilisant différents marqueurs. Le rapport $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ est constant au sein d'une espèce végétale donnée (Schroeder, 1983 a et b), mais il varie d'une espèce à l'autre. Pour les tissus animaux, il dépend des aliments ingérés. Il est donc théoriquement possible d'établir, dans ses grandes lignes, le régime alimentaire d'une espèce animale en mesurant ce rapport dans les aliments potentiels et dans les tissus de l'animal étudié. Cette technique ne peut cependant être utilisée que dans certains cas, en particulier lorsque les différentes composantes du régime alimentaire présentent des $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ suffisamment différents pour permettre de les discriminer statistiquement. Lorsque ce n'est pas le cas, ou lorsque le régime alimentaire est trop diversifié, il est nécessaire d'utiliser d'autres marqueurs ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$, oxyde de chrome etc.).

Certains acides gras sont spécifiques des bactéries alors que d'autres, polyinsaturés de la série (n-3), le sont des organismes autotrophes (Desvillettes et al., 1994). Il est donc théoriquement possible de les employer pour quantifier les différentes voies trophiques, mais ce genre d'application ne semble pas avoir encore été pratiquée. L'utilisation de ces biomarqueurs moléculaires sera donc privilégiée dans ce projet car les perspectives qu'ils offrent pour l'étude du fonctionnement écologique des milieux aquatiques paraissent grandes (Quiblier-Lloberas et al., 1994). Les méthodologies n'étant pas encore disponibles, une part importante du travail sera consacrée à les définir.

Références bibliographiques relatives au programme de recherche à mener

- Bowen S.H., 1976. Mechanism for digestion of detrital bacteria by the cichlid fish *Sarotherodon mossambicus* (Peters). *Nature* **260** (5547) : 137-138.
- Bowen S.H., 1978. Benthic diatom distribution and grazing by *Sarotherodon mossambicus* in Lake Sibaya, South Africa. *Freshwater Biol.* **8** : 449-453.
- Bowen S.H., 1979 (a). A nutritional constraint in detritivory by fishes : the stunted population of *Sarotherodon mossambicus* in Lake Sibaya, South Africa. *Ecological monographs* **49** (1) : 17-31.
- Bowen S.H., 1979 (b). Determinants of the chemical composition of periphytic detrital aggregate in a tropical lake (Lake Valencia, Venezuela). *Arch. Hydrobiol.* **87** : 166-177.
- Bowen S.H., 1980. Detrital non protein aminoacids are the key to rapid growth of tilapia in Lake Valencia, Venezuela. *Science* **207** : 1216-1218.
- Bowen S.H., 1981. Digestion and assimilation of periphytic detrital aggregate by *Tilapia mossambica*. *Trans. Am. Fish. Soc.* **110** : 239-245.
- Bowen S.H., 1982. Feeding digestion and growth - Qualitative considerations. In : Pullin R.S.V. et Lowe McConnell R.H. (eds). The biology and culture of tilapias. ICLARM Conf. Proc. 7, Manila, Philippines (434 p) : 141-156.
- Bowen S.H., 1984 (a). Detritivory in neotropical fish communities. In : Zaret T.M. (ed), Evolutionary ecology of neotropical freshwater fishes. Dr. W. Junk (Publ.), The Hague, Netherland : 59-66.
- Bowen S.H., 1984 (b). Differential habitat utilization by sexes of *Sarotherodon mossambicus* in Lake Valencia, Venezuela : significance for fitness. *J. Fish Biol.* **24** : 115-121.
- Bowen S.H., 1987. Composition and nutritional value of detritus. In : Moriarty D.J.W. et Pullin R.S.V.(eds), Detritus and microbial ecology in aquaculture. ICLARM conf. proc. 14, Manila, Philippines (420 p) : 192-211.
- Bowen S.H., 1988. Detritivory and herbivory. In : Lévêque C., Brunon, M.N. et Ssentongo G.W. (eds), Biologie et écologie des poissons d'eau douce africains. Collection Travaux et documents 216, ORSTOM, Paris, France (508 p) : 243-247.
- Bowen S.H., Allanson B.R., 1982. Behavioral and trophic plasticity of juvenile *Tilapia mossambica* in utilization of the unstable littoral habitat. *Env. Biol. Fishes* **7** : 357-362.
- Bowen S.H., Lutz E.V., Ahlgren M.O., 1995. Dietary protein and energy as determinants of food quality : trophic strategies compared. *Ecology* **76** (3) : 899-907.
- Desvillettes C., Bourdier G., Breton J.C., 1994. Formation et transfert des acides gras dans une chaîne trophique expérimentale. *Annls. sci. Univ. B. Pascal-Clermont-Ferrand II* **99**: 38.
- Feller R.J., 1984. Serological tracers of meiofaunal food webs. In : Heip C. (ed). Developments in hydrobiology, vol. 26. Biology of meiofauna. Actes coll., Ghent, Belgique, 16-20 août 1983. Dr W. Junk (Publ.), Dordrecht, Netherlands : 119-126.

- Feller R.J., 1992. Potential applications of immunoassays in studies of flatfish recruitment. *Netherlands J. sea res.* **29** (1/3) : 1-5.
- Feller R.J., Ferguson R.B., 1988. Quantifying stomach contents using immunoassays a critique. *In* : Yentsch, C.M., Mague F.C. et Horan P.K. (eds). Lecture notes on coastal and estuarine studies, 25. Immunochemical approaches to coastal, estuarine and oceanographic questions. Actes coll., Portland, USA, 5-7 octobre 1986. Springer-Verlag (Publ.), New York, Etats Unis (399 p) : 295-303.
- Guerrin F., 1993. Qualitative reasoning methods for CELSS modeling. *In* : Advances in Space research, Pergamon Press : 6 p.
- Hepher B., Pruginin Y., 1981. Fertilization and manuring. *In* : Hepher B. et Pruginin Y. (eds), Commercial fish farming, with special reference to fish culture in Israel. John Wiley & sons (Publ.), New York, Etats Unis (261 p) : 162-191.
- Quiblier-Lloberas C., Bourdier G., Amblard C., Pepin D., 1994. Etude qualitative du broutage zooplanctonique en milieu lacustre : utilisation des xanthophylles phytoplanctoniques comme marqueurs organiques. *Annls. sci. Univ. B. Pascal-Clermont-Ferrand II* **99**: 43.
- Schroeder G.L., 1983 (a). Stable isotopes ratios as naturally occurring tracers in the aquaculture food web. *Aquaculture* **30** : 203-210.
- Schroeder G.L., 1983 (b). The stable isotopes of carbon : indigenous tracers in aquaculture food webs. *Bamidgeh* **35** (3) : 79-90.
- Zagursky G., Feller R.J., 1988. Application of immunoblotting for dietary analysis. *In* : Yentsch C. M., Mague F. C., Horan P. K. (eds). Lecture notes on coastal and estuarine studies, 25. Immunochemical approaches to coastal, estuarine and oceanographic questions. Actes coll., Portland, USA 5-7 octobre 1986, Springer-Verlag (Publ.), New York, Etats Unis (399 p) : 117-129